

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 特 許 公 報 (B 2)

(11) 特許番号

第2611337号

(45) 発行日 平成9年(1997)5月21日

(24) 登録日 平成9年(1997)2月27日

(51) Int.Cl. <sup>8</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
B 2 3 K 10/00	5 0 2	8315-4E	B 2 3 K 10/00	5 0 2 B

請求項の数6(全 9 頁)

(21) 出願番号	特願昭63-150997	(73) 特許権者	999999999 株式会社ダイヘン 大阪府大阪市淀川区田川2丁目1番11号
(22) 出願日	昭和63年(1988)6月17日	(72) 発明者	長坂 守敏 大阪府大阪市淀川区田川2丁目1番11号 株式会社ダイヘン内
(65) 公開番号	特開平2-6070	(72) 発明者	寺山 喜久夫 大阪府大阪市淀川区田川2丁目1番11号 株式会社ダイヘン内
(43) 公開日	平成2年(1990)1月10日	(72) 発明者	原田 章二 大阪府大阪市淀川区田川2丁目1番11号 株式会社ダイヘン内
		(72) 発明者	吉村 徳雄 大阪府大阪市淀川区田川2丁目1番11号 株式会社ダイヘン内
		(74) 代理人	弁理士 中井 宏
		審査官	木村 孔一

(54) 【発明の名称】 プラズマアーク加工装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】電極と被加工物との間にアーク放電を発生させるとともにアーク放電柱の周囲に作動ガスを流してプラズマアークとして被加工物を加工するプラズマアーク加工装置において、加工中信号を得る加工検出回路と、加工電流に対応した信号を得る加工電流検出回路と、前記加工検出回路の出力信号と前記加工電流検出回路の出力信号とを入力として第n回目の加工後の推定電極消耗量Vとして、演算式

$$V = \sum_{x=1}^n (k_{1x} \cdot I_x + k_{2x} \cdot I_x \cdot T_x)$$

(但し、xは加工回数、 $k_{1x}$ 、 $k_{2x}$ はそれぞれ第x回目の加工電流 $I_x$ に対応する係数で $k_{1x}$ はアークスタート時に

専属し、 $k_{2x}$ は定常加工時に専属する。また $T_x$ は第x回目の加工継続時間を示す)を演算する電極消耗量演算回路と、許容電極消耗量Rを定めるための許容消耗量設定回路と、許容消耗量設定回路の出力Rと前記電極消耗量演算回路の出力Vとを入力とし $R \leq V$ となったときに加工禁止信号および/または警報を発生する判定回路とを具備したプラズマアーク加工装置。

【請求項2】前記電極消耗量演算回路は、推定電極消耗量Vの演算において、前記演算式のうち

10  $k_{1x} \cdot I_x = k_1$ 、 $k_{2x} = k_2$ として簡易演算式

$$V = n k_1 + k_2 \sum_{x=1}^n I_x \cdot T_x$$

(但し $k_1$ 、 $k_2$ はそれぞれ定数)

3

を演算する演算回路である請求項1に記載のプラズマ加工装置。

【請求項3】前記電極消耗量演算回路は、推定電極消耗量Vの演算において、前記演算式のうち

$k_{1x} \cdot I_x = k_1$ 、 $k_{2x} \cdot I_x = k_2$ として簡易演算式

$$V = n k_1 + k_2 \sum_{x=1}^n T_x$$

(但し $k_1$ 、 $k_2$ はそれぞれ定数)

を演算する演算回路である請求項1に記載のプラズマアーク加工装置。

【請求項4】前記電極消耗量演算回路は、推定電極消耗量Vの演算において、前記演算式のうち

$k_{1x} = 0$ 、 $k_{2x} \cdot I_x = k_2$ として簡易演算式

$$V = k_2 \sum_{x=1}^n T_x$$

(但し $k_2$ は定数)

を演算する回路である請求項1に記載のプラズマアーク加工装置。

【請求項5】前記電極消耗量演算回路は、推定電極消耗量Vの演算において $k_{1x} \cdot I_x = k_1$ 、 $k_{2x} = 0$ として簡易演算式

$V = n k_1$

(但し $k_1$ は定数)

を演算する回路である請求項1に記載のプラズマアーク加工装置。

【請求項6】前記信号RおよびVを入力とし特許消耗量までの残量を演算し $(R - V) / R$ を演算し、演算結果を比率または概略比率で表示する残量表示手段を具備した請求項1ないし5のいずれかに記載のプラズマアーク加工装置。

【発明の詳細な説明】

【産業上の利用分野】

本発明は、プラズマアークを用いて被加工物の溶接、溶断等を行うプラズマアーク加工装置の改良に関するものであり、特に電極の寿命を予測し、安全に使用することができる装置を提供するものである。

【従来の技術】

プラズマアーク溶接・切断等に用いる電極は、比較的消耗が激しく、特に作動ガスとして空気や酸素成分の多いガスを使用する場合には、ハフニウム等の難消耗性材料を埋設した電極を用いてもその寿命が延時間で数十分ないし数時間程度のものである。そして電極の消耗が進むと切断面の平行度の悪化や切断幅が増加したり、さらには切断可能板厚が減少したりするだけでなく、最悪の場合はトーチ本体の焼損を招くことにもなる。しかるに電極はトーチのノズル内部に隠れているために外部か

4

ら直接観察することは難しく、トーチの先端部に取りつけられているチップ（ノズル部）を取外して内部の電極の消耗状態を調べる以外に、またこのような直接的な観察を行っても銅電極にハウニウム等の難消耗性材料を埋め込んだ電極では残余の寿命がどの程度あるかを予想するためには、かなりの経験が必要であつた。

これに対して、電極が消耗して寿命が尽きたときに発生する電気的変化、例えばアーク電圧、電流値の変化を検出し、この変化量が基準値より大となつたときに異常信号を発するようにした装置も提案されている。（例えば特開昭61-269975号）

【発明が解決しようとする課題】

しかるに上記従来装置においては、作業（監視者）の経験不足や不注意による見逃しなどによる事故は防止できるものの、作業（監視者）の手ふれによるアーク長の急変や被加工物からの熔融金属の吹き上がりなどが発生すると、これに伴ってアーク電圧は電流にかなりの変動が発生することがあり、これらと電極の消耗による変動とを区別することが難しく、しばしば不要な異常信号を発することがある。これを防止するためには変動の増加が一定時間以上継続したことを条件とする方法も考えられるが、この判定のための時間設定が難しく使用条件に応じて微妙な調整が必要であつた。

さらにまた、これらが正確に設定し得たとしても、異常信号は必ず、一度異常現象が発生したとき、即ち電極の消耗が極限に達して切断条件（電圧、電流）に大きな変化が発生したときに得られるから、そのときの被加工物は正常な加工が行なわれておらず、不良品の発生は避けられないものであつた。

30 本発明は、上記従来装置の欠点を解決し、電極の寿命が尽きる直前にこれを検知し、電極の交換すべき時期を知ることができるようにした装置を提供するものである。

【課題を解決するための手段】

本発明は、加工回数、加工電流、加工時間から一定の演算式に基いて電極の消耗量を推定し、この推定消耗量と許容消耗量とを比較し、警報、作業停止あるいは残寿命の割合の表示等を行う装置である。

【作用】

40 本発明の装置は、電極の消耗を予測し、完全消去消耗に至る直前に電極交換の時期を知ることができるので、トーチの損傷はもちろん被加工物の加工不良も完全に予防することが可能となり、安定した作業と加工品質が確保できるものである。

【発明の背景】

本発明の実施例を説明するのに先立ち、本発明の成立に至つた背景について説明する。

第5図は、アーク発生時間の累計と電極消耗深さとを種々のくりかえし周期に対して測定した結果を示す線図であり、電極として銅材の先端に直径1.6mmのハフニウ

ームを埋め込んだものを使用し、電流50Aにて難銅をエ  
ヤプラズマ切断した結果である。同図において曲線  
(a)は6分間切断、4分間休止をくりかえしたとき、  
曲線(b)は1分間切断30秒間休止をくりかえしたと  
き、(c)は2秒間切断、4秒間休止をくりかえしたと  
きの結果をそれぞれ示している。

同図から判るように電極の消耗深さは、単にアーク発  
生時間の累計のみでは定まらず、くりかえし回数(頻  
度)によつて大きく変化する。そしてアーク発生(頻度)の累計  
時間が同じであつてもくりかえし周期が短かく、スター  
ト回数が多いほど消耗は多くなつていく。

この理由は、アークスタート時には定常アーク発生期\*

$$V = k \sum_{x=1}^n I_x (T_{sx} \cdot E_s + T_{ax} \cdot E_a) \quad \cdots \cdots (1)$$

と表わすことができる。ここで $T_{sx}$ 、 $T_{ax}$ はそれぞれ第 $x$   
回目の加工時における起動時間および定常アーク時間であ  
る。

(1)式において等価電圧 $E_s$ 、 $E_a$ はそれぞれ電極の材質 ※

$$V = \sum_{x=1}^n (k_{1x} \cdot I_x + k_{2x} \cdot I_x \cdot T_{ax}) \quad \cdots (2)$$

と書き直すことができる。

$$(但し、k_{1x} = k E_s T_s, k_{2x} = k \cdot E_a$$

でそれぞれ加工電流 $I_x$ に対応して定まる定数)

第6図は、 hafnium 電極およびジルコニウム電  
極を先端に埋設した電極を用いて加工時間および電流を  
一定としてエヤプラズマ切断をくりかえし行つたとき  
に、電極の消耗深さが埋設電極の直径に等しくなるまで★30

★の加工回数と1回当りの加工時間との関係を示す線図で  
ある。同図と上記(1)式とを対応させるとき

$I_x = I$  (一定)、 $T_{sx}$ 、 $T_{ax}$ ;一定、 $V$ :一定であるから

(1)式の両辺を $k \cdot E_s$ で割ると

$$V / k \cdot E_s = n I (T_{sx} + T_{ax} \cdot \frac{E_a}{E_s}) \quad \cdots \cdots (3)$$

ここで仮に、 $E_s/E_a = 10$   $T_{sx} = 1$ 秒とすると

$T_{ax} = T_0 - 1$

☆ ( $T_0$ は一回の加工時間で第6図の縦軸に相当する)

☆ となるから(3)式は

$$V / k \cdot E_s = n I (1 + \frac{T_0 - 1}{10}) \quad \cdots \cdots (4)$$

第3図と(4)式を対応させると例えば hafnium 電  
極を用いたときは

$V/k \cdot E_s \approx 58500$

またジルコニウム電極を用いたときには

$V/k \cdot E_s \approx 21000$

とすれば実験結果と(4)式とがよく一致する。もちろ  
ん $T_{sx}$ や $E_s/E_a$ が異なれば $V/k \cdot E_s$ の値も別の値となる  
が、(3)式あるいは(1)、(2)式で消耗量が予測  
できることは確かである。

本発明は、上記のような考察と実験結果とを背景にな  
されたものであつて、次に具体的実施例について説明す  
る。

\*間とは別の、より大量の電極消耗が発生する期間がある  
ためと考えられる。

この電極の消耗としては、アーク加熱による電極の蒸  
発およびアーク起動時の熱衝撃によるスパッタリングが  
考えられる。

いま電極の消耗量を $V$ 、起動時の消耗に費される等価  
電圧を $E_s$ 、定常アーク時に電極の消耗に費される特価電  
圧を $E_a$ 、1回の加工時間のうち起動時間を $T_s$ 、定常ア  
ーク時間を $T_a$ 、切断電流を $I$ とすると $n$ 回の加工によつて  
発生する電極消耗量は、電極において消費された電力に  
比例するはずであるから比例定数を $k$ とすると

〔実施例〕

40 第1図に本発明の実施例の接続図を示す。同図におい  
て1はプラズマ加工用電源装置であり、交流電源2から  
電力を得ている。3はプラズマ加工用トーチであり、同  
図においては電極31とチップ32の断面のみを示してあ  
る。またトーチ3には加工指令用の押ボタンスイッチ  
(トーチスイッチ)33が設けられている。4は電源装置  
1の出力を調整するための制御回路であり、トーチスイ  
ッチ33が押されている間図示を省略した出力電流設定器  
の設定に応じた加工電流を出力するように電源装置1を  
駆動するものである。5は被加工物であり、電源装置1  
50 の正出力端子に接続される。6は加工電流検出器であ

り、シヤント抵抗器や直交流器あるいはホール素子を用いたものなど公知の検出器が用いられる。7は加工電\*

$$V = \sum_{x=1}^n (k_{1x} \cdot I_x + k_{2x} I_x \cdot T_x)$$

を演算するための電極消耗量演算回路であり、電流検出信号 $I_x$ を平滑し平均値を得る平滑回路71、平滑回路71の出力に応じて係数 $k_{1x}$ および $k_{2x}$ を選択出力する係数テーブル記憶再生回路72s、72a、電流検出信号 $I_x$ と係数テーブル記憶再生回路72sから読み出した係数 $k_{1x}$ とを乗じて

$$\left[ \sum_{x=1}^n k_{1x} \cdot I_x \right]$$

を得る第1の積算回路73s、電流検出信号 $I_x$ と係数テーブル記憶再生回路72aから読み出した係数 $k_{2x}$ とを乗じ $k_{2x} \cdot I_x$ を加工時間中積算して

$$\left[ \sum_{x=1}^n k_{2x} \cdot I_x \cdot T_x \right]$$

を得る第2の積算回路73a、第1および第2の積算回路の各出力を加算して推定電極消耗量 $V$ を得る加算回路74および各積算回路の内容をリセットするためのリセットボタン75から構成されている。ここで平滑回路71、係数テーブル記憶再生回路72s、第1の積算回路73sはスタート時消耗量演算回路7sを構成し、平滑回路71、係数テーブル記憶再生回路72a、第2の積算回路73aは定常加工時消耗量演算回路7aを構成している。また係数テーブル記憶再生回路72s72aは、あらかじめ実験によつて各加工電流毎に発生する電極の消耗量に係わる定数 $k_1$ または $k_2$ を表(テーブル)にして記憶させておき、再生時には入力される加工電流値のランクに応じて係数 $k_{1x}$ または $k_{2x}$ を出力するものである。なおこれらの係数は加工電流に対してそれほど敏感ではないので、加工電流値を数段階程度(例えば最大電流の1/3毎に3段階)に分けて、各段階毎に平均的な係数をそれぞれ記憶しておく程度のものでよい。8は電極31の許容消耗量 $R$ を設定するための特許消耗量設定回路、9は許容消耗量設定回路8の出力 $R$ と電極消耗量演算回路7の出力 $V$ とを比較し、 $V \geq R$ となつたときに警報器92を駆動するとともに電源装置1の制御回路4に出力禁止信号を供給する比較器91とからなる判定回路である。

第1図の装置において、トーチスイッチ33が押されると制御回路4は電源装置1に出力指令を供給し、電源装置1はこれによつて直流出力をトーチ3と被加工物5との間に供給する。また図示を省略した作動ガス供給手段が動作して電極31の周囲に空気などの作動ガスが供給さ\*

$$V = \sum_{x=1}^n k_{1x} \cdot I_x + \sum_{x=1}^n k_{2x} \cdot I_x \cdot T_x$$

\* 流検出器の出力 $I_x$ とその継続時間とから推定電極消耗量

※れチップ31の先端のオリフィス部から外部に噴出する。

これと略同時に電極31とチップ32との間に高周波高電圧が印加されて、これによつて電極31とチップ32との間に小電流のパイロットアークが点弧する。このパイロットアークによつて電離され、イオン化されたガス流は作動ガスの流れによつてチップ32の先端のオリフィス部から外部に噴出する。この状態でトーチ3を被加工物5に接近させるとイオン化されたガス流によつて電極31と被加工物5との間の絶縁が破壊されて主アークが発生する。この主アークは、チップ32のオリフィス部から噴出する作動ガスによつて細く絞られて高エネルギー密度のプラズマジェットとなり、これによつて被加工物5を加熱溶融し、切断、溶接などの加工を行う。この電流は、電流検出器6によつて検出されて、電極消耗量演算回路7に入力される。電極消耗量演算回路7においては、入力信号 $I_x$ に対応するスタート時の電極消耗係数 $k_{1x}$ と定常加工時の電極消耗係数 $k_{2x}$ とがそれぞれ係数テーブル記憶再生回路72s、72aから読み出され電流検出信号 $I_x$ とともにそれぞれ積算回路73s、73aに供給される。積算回路73sにおいては両入力信号の積 $k_{1x} \cdot I_x$ を得るとともにこの結果を加工の回毎に積算し、積算値

$$\left[ \sum_{x=1}^n k_{1x} \cdot I_x \right]$$

30 を得る。一方積算回路73aにおいては両入力信号の積 $k_{2x} \cdot I_x$ を電流の継続時間中積分し

$$\int k_{2x} \cdot I_x dt$$

を得るとともに結果を加工毎に順次積算して

$$\left[ \sum_{x=1}^n \int k_{2x} I_x dt \right]$$

を得る。なお各回路毎の時間積分 $\int k_{2x} \cdot I_x dt$ は加工中の電流 $I_x$ が1回の加工時間内においてはあまり変動しないので $k_{2x} \cdot I_x \cdot T_x$ を得て、積算回路73aはこれを加工毎に積算し

$$\left[ \sum_{x=1}^n k_{2x} \cdot I_x \cdot T_x \right]$$

を得るもので代用する。この積算回路73s、73aの各出力は加算器74にて加算されて推定電極消耗量

が得られる。この推定電極消耗量Vは判定回路9の比較器91にて許容消耗量設定回路8の設定値Rと比較される。判定回路9は両信号の大小関係と比較し $V \geq R$ となつたときに警報器92、例えば表示灯やブザーなどを駆動するとともに制御回路4に出力禁止信号（加工禁止信号）を出力する。これによつて作業者は電極取替時期を知るとともに、万一警報を見のがしても作業そのものが続けられなくなるので電極の過消耗が防止できる。

電極の消耗が許容値に達すると、電源2を遮断し、トーチ3を分解して電極31を新品と取りかえた後にリセットスイッチ75を押して積算回路73s、73aをリセットして最初の状態に復帰する。それ故、電極消耗量演算回路7、判定回路9は加工用電源装置2とは別系統の電源としており電源2を遮断しても警報や積算値は保持してお\*

$$\sum_{x=1}^n k_{1x} \cdot I_x \cdot T_x$$

を求めたが、使用する加工電流の範囲が比較的狭いとき、例えば電流範囲が数倍程度であるときには各係数はほとんど差がなくまたスタート時の電極消耗量の変化幅が小さいと考えられるからこれらの係数をそれぞれ $k_1, k_2$ の一定値としてもよい。この場合には第1図の実施例において加工電流に対応して係数を選定するための係数テーブル記憶再生回路72s、72aは省略できる。また積算値としては、 $k_{1x} \cdot I_x = k_1$ （定数）および $k_{2x} = k_2$ （定数）として

$$\sum_{x=1}^n k_{1x} \cdot I_x = n k_1$$

$$\sum_{x=1}^n k_{2x} \cdot I_x \cdot T_x = k_2 \sum_{x=1}^n I_x \cdot T_x$$

を得るものであればよい。

第2図は、このようにした本発明の装置の実施例を示す接続図であり、本発明の第2の発明に相当する。同図において、電極消耗量演算回路7以外は第1図の実施例\*

$$R - (n k_1 + k_2 \sum_{x=1}^n I_x \cdot T_x) = R - V$$

$$( \text{但し、} V = n k_1 + k_2 \sum_{x=1}^n I_x \cdot T_x )$$

が得られる。この合成信号（ $R - V$ ）の極性によつて電極寿命を判定し、 $(R - V) \leq 0$  即ち電極消耗量が許容値を超えたときに警報器92を駆動し、電極交換時期を作業者に報知するとともに電源制御回路4に加工禁止信号を出力する。したがつて第2図の実施例においてはスタート時消耗量 $n k_1$ と定常加工時消耗量

\*くのが望ましい。

なお、電極の消耗が許容値に達したときに、直ちに加工禁止指令が実行されると、加工途中の被加工物が不良品になつてしまう可能性がある。これを防止するためには、判定回路9が $V \geq R$ を検出して加工禁止信号を出力しても、この禁止信号を次の加工開始の禁止信号としてのみ有効とし、現在の加工は続行するように制御回路4を構成しておけばよい。このためには同時に、許容消耗量設定回路8の設定値をその分だけ、即ち1回の加工時間に相当する電極消耗量だけ少ない値に設定しておくことはもちろんである。

第1図においてはスタート時および定常加工時ともに加工電流を変数として各係数 $k_{1x}, k_{2x}$ および積算値

※と同様であるので同機能のものに同符号を付して詳細な説明は省略する。電極消耗量演算回路7はトーチスイッチ33が押される度にパルス信号を発生するモノマルチバイブレータ76、モノマルチバイブレータ76の出力パルスを計数するパルスカウンタ77、パルスカウンタ77の計数出力をアナログ値に変換するD/A変換器78、D/A変換器78の出力にスタート時消耗量係数 $k_1$ を乗ずる係数器79によつてスタート時の消耗量の積算値 $n k_1$ を演算するスタート時消耗量演算回路7sを構成し、また電流検出器6の出力信号 $I_x$ を入力とし係数 $k_2$ を乗ずるとともに結果を時間積分する積算回路73aによつて定常加工時の電極消耗量積算値

$$\sum_{x=1}^n k_{2x} \cdot I_x \cdot T_x$$

を演算する定常加工時消耗量演算回路7aが構成されている。係数器79の出力と積算回路73aの出力とは判定回路9の比較器91の入力端子に図示の極性で供給される。判定回路9の比較器91にはまた許容消耗量設定回路8の設定値Rが上述の消耗量演算回路7の2つの出力信号とは逆の極性で供給されており、比較器91にて合成信号

$$k_2 \sum_{x=1}^n I_x \cdot T_x$$

とは判定回路9に直接出力されるようになっており、内部に加算器を有していないが、判定回路9の比較器91に図示のような極性で入力することによつて加算器を設け

11

た第1図と同様の機能を有するものである。

また、小形のエヤブラズマ切断機などにおいては、加工電流（切断電流）がほぼ一定のものがあり、そのような装置の場合にはさらに演算回路を単純にできる。第3図は、加工電流が略一定の場合に本発明を適用した実施例を示す接続図であり、本発明の第3の発明に相当する。

同図において電極消耗量演算回路のうち定常加工時消耗量演算回路7aが若干異なるのみで、他は第2図に示した実施例と同じであるのでこれらの部分の詳細は省略する。定常加工時の消耗量の演算部分は演算回路73aの入力としてトーチスイッチ33の開路信号を使用し、これによつてトーチスイッチが閉じられている時間を積算して、

$$\sum_{x=1}^n T_x$$

（加工累積時間）を得、この積算結果に係数 $k_3$ （但し $k_3$ は $k_1 \cdot I_x$ を代表する定数）を乗じる係数器を通して定常加工時消耗量

$$k_3 \sum_{x=1}^n T_x$$

を得るように構成されている。この係数器79aの出力と係数器79sの出力とは判定回路9の比較器91に図示の極性で入力され、許容消耗量設定器8の設定値Rと比較される。比較器91は各入力信号の合成信号

$$R - (n k_1 + k_3 \sum_{x=1}^n T_x) = R - V$$

$$(但し \quad V = n k_1 + k_3 \sum_{x=1}^n T_x)$$

の符号によつて $R - V \leq 0$ となつたときに警報器92を駆動し、また加工禁止信号を電源制御回路4に出力する。

第3図の実施例において、1回の加工時間が長く、くりかえし回数が少ないときにはスタート時に発生する電極の消耗量がわずかであるのでスタート時消耗量演算回路7sは省略してもよい。この場合電極消耗量演算回路7としては定常加工時の電極消耗量 $V =$

$$k_3 \sum_{x=1}^n T_x$$

を演算するものであればよい。（第4の発明に相当する。）逆に1回の加工時間が短かく、頻繁にスタート・停止をくりかえすような作業の場合には、スタート時の

12

電極消耗が大部分を占めるので、定常加工時の消耗量演算回路7aは省略してもよい。この場合電極消耗量演算回路7の出力としては $V = k_1 n$ を演算するものであればよい。（第5の発明に相当する。）

電極消耗量演算回路に関する上記の一部省略形は、第1図または第2図に示した実施例においても適用可能である。

上記第1図ないし第3図の実施例に示したように消耗量の演算結果Vが許容消耗量設定値Rを超えたとき（ $V \geq R$ となつたとき）出力を発生し、警報器を駆動し、加工禁止信号を制御回路に供給する判定回路9を設ける以外に、信号 $(R - V)$ または $(R - V)/R$ を演算し、残寿命を実数または比率で表示する残量表示手段を設けるようにしてもよい。（第6の発明に相当する。）

第4図は残量を全体の比率で表示するようにした残量表示手段の例を示す接続図である。同図において91は消耗量演算回路7の出力Vと許容消耗量設定器8の設定値Rとを入力とし差信号 $(R - V)$ を出力する比較器（減算器）であり、93は比較器91の出力 $(R - V)$ と許容消耗量設定値Rとを入力とし

$$\frac{(R - V)}{R} \times 100$$

を演算する除算器、94は除算器93の出力をデジタル信号に変換するA/D変換器、95はA/D変換器94の出力を表示する残量表示器であり、デジタル表示器である。

同図の残量表示手段を用いるときは、電極の残量が明確に百分率で表示されるので、作業者はあらかじめ電極の取替時期を予想することが可能となる。

さらにまた残量表示手段としては、第4図のような詳細な残量演算を行うものでなくても、比較器91の出力 $(R - V)$ の値が一定値以下になつたときに予備警報を発生するようにしたものでもよく、また残量を数段階程度の概略表示を行うものでもよい。もちろん第4図のような残量表示と第1図ないし第3図に示した判定回路9のような警報・禁止を行う回路とを組合せてもよい。

さらに、本発明は、電極の消耗予測以外に、チップ（ノズル）の消耗にも利用できる。ただし、チップにはアークスタート時のパイロットアーク電流が流れるだけであるので、この場合には、演算式に用いる加工電流としてパイロットアーク電流を検出し、これとパイロットアーク電流の通電期間とを用いてチップの消耗量を演算するように構成すればよい。

〔発明の効果〕

本発明は、上記のようであるのでつぎのような効果を有する

(a) 電極の消耗量を、その発生現象に基づく演算式によつて算出するので過消耗に至る前にこれを検知することができるので安全である。

(b) 消耗量は、トーチを分解することなく、電氣的

13

に行うものであるので、経験不足の作業者にも正確に検知でき、かつチェックのために作業を中断する必要がないので極めて正確かつ作業能率の向上が得られるものである。

(c) 電極の寿命終了を異常現象の発生で検出するものではないので被加工物やトーチを損傷することがない。

(d) 電極の残量表示を行うときは、電極交換時期の予測が容易であるので安心して作業ができる。

【図面の簡単な説明】

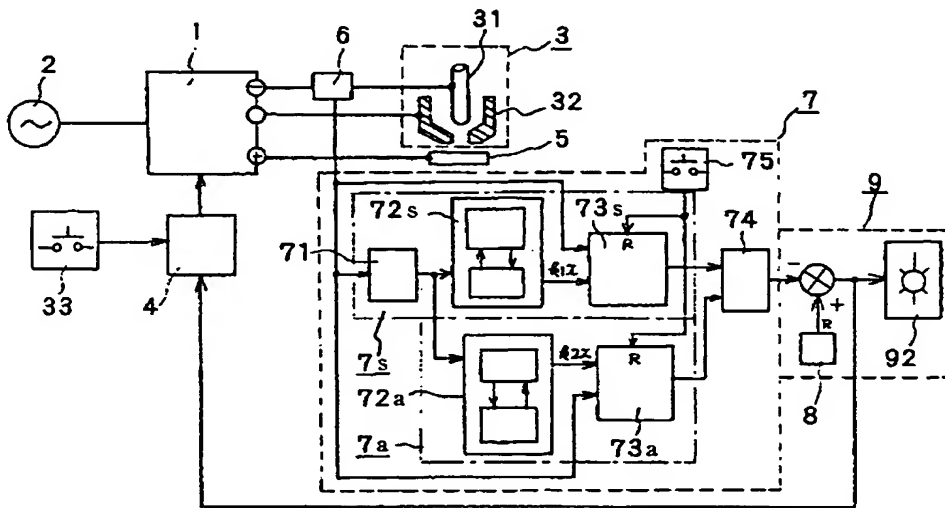
第1図は本発明のプラズマアーク加工装置の実施例を示す接続図、第2図および第3図はそれぞれ本発明の別の\*

14

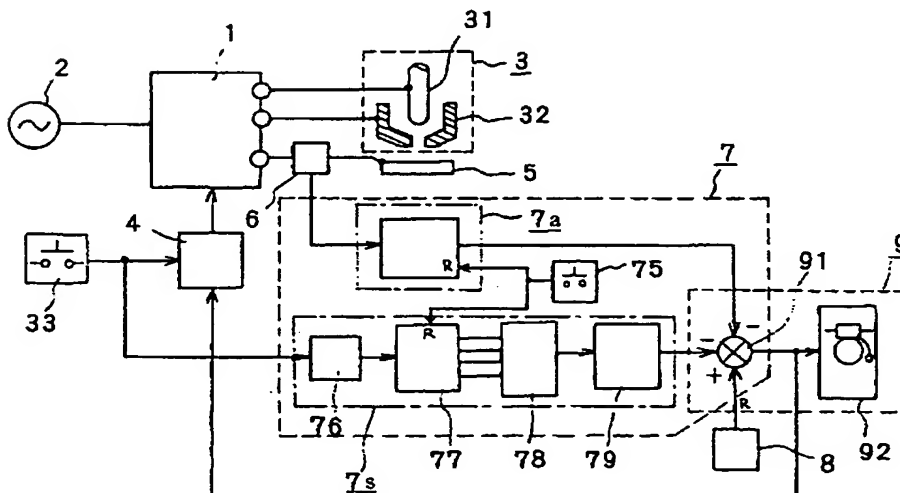
\*実施例を示す接続図、第4図は本発明のプラズマアーク加工装置に用いる残量表示手段の例を示す接続図、第5図はアーク発生時間の累計と電極消耗深さとの関係を示す線図、第6図は電極の消耗深さが一定量に達するまでの加工回数と1回当たりの加工時間との関係を示す線図である。

3……トーチ、31……電極、32……チップ、33……トーチスイッチ、6……加工電流検出器、7……電極消耗量演算回路、7s……スタート時消耗量演算回路、7a……定常加工消耗量演算回路、8……許容消耗量設定回路、9……判定回路、91……比較器、92……警報器、93……除算器、95……残量表示器

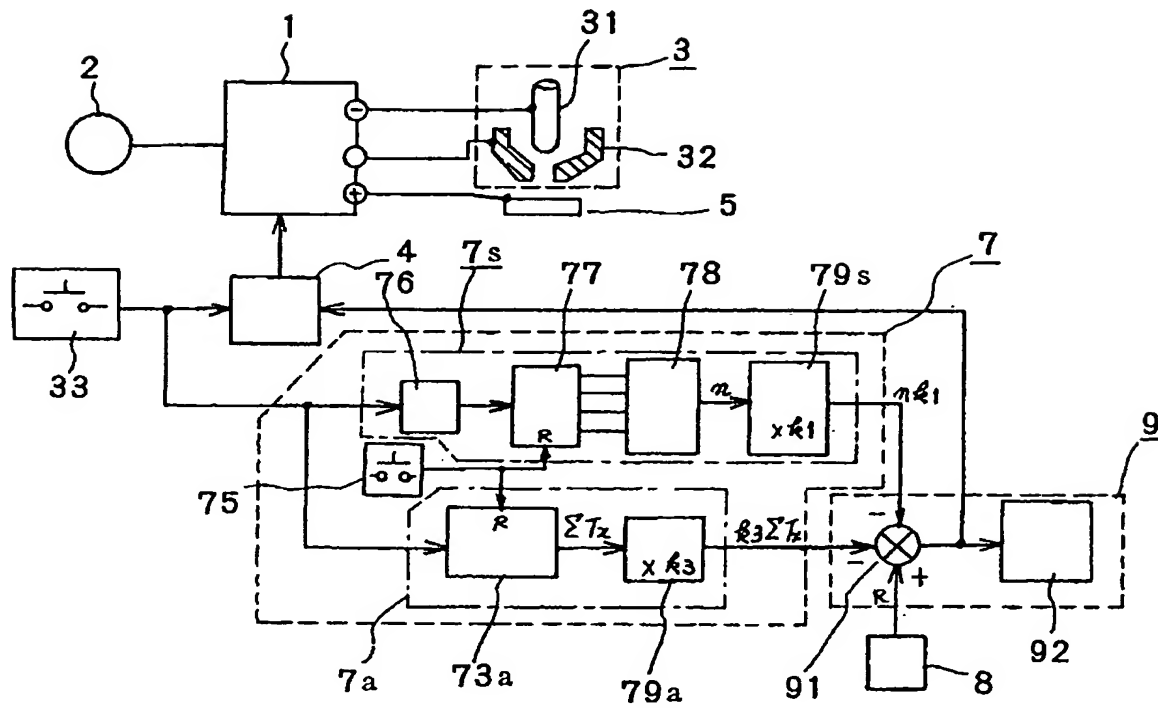
【第1図】



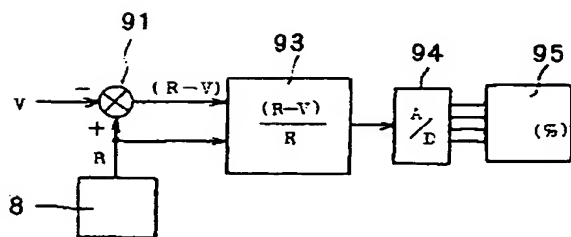
【第2図】



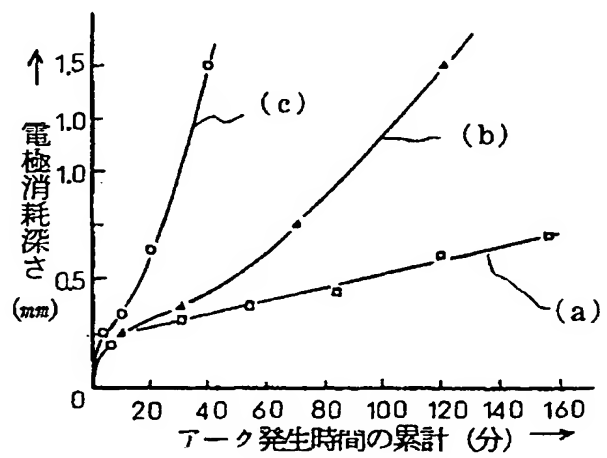
【第3図】



【第4図】



【第5図】





【第6図】

